



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 197 41 748 A 1

(5) Int. Cl. 6:  
**G 01 R 33/3875**  
A 61 B 5/055

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

(71) Anmelder:

Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:

Fontius, Jörg Ulrich, Dipl.-Phys., 81373 München,  
DE

(55) Entgegenhaltungen:

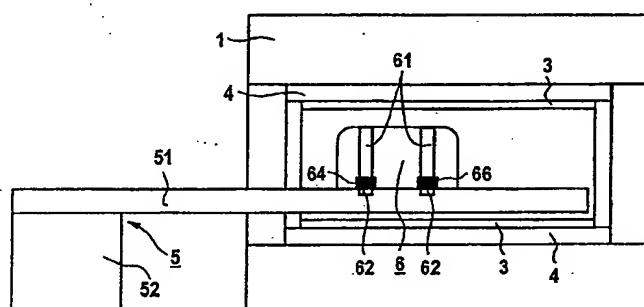
DE	39 37 150 C2
DE	39 32 648 A1
DE	39 17 619 A1
US	56 50 724

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Kernspinresonanzgerät

(57) Das erfindungsgemäße Kernspinresonanzgerät umfaßt eine Magnetfelderzeugungseinheit (1) zur Erzeugung eines weitgehend homogenen und zeitlich konstanten Magnetfeldes in einem Untersuchungsvolumen, wenigstens eine Hochfrequenz-Spule (3, 7), die als Sende- und/oder Empfangsan天ne dient, drei Gradientenspulen (4) zur Ortsauflösung im Untersuchungsvolumen und eine Lagerungsvorrichtung (5), auf der das Untersuchungsobjekt zum mindest teilweise gelagert ist, sowie wenigstens eine zusätzliche Shim-Spule (6, 8), die im Gehäuse einer der lokalen Hochfrequenz-Spulen (7) integriert ist, und/oder wenigstens eine zusätzliche Shim-Spule (6), die als lokale Shim-Spule ausgebildet ist.



## Beschreibung

Ein derartiges Kernspinresonanzgerät umfaßt eine Magnetfelderzeugungseinheit zur Erzeugung eines weitgehend homogenen und zeitlich konstanten Magnetfeldes in einem Untersuchungsvolumen, wenigstens eine Hochfrequenz-Spule, die als Sende- und/oder Empfangsantenne dient, drei Gradientenspulen zur Ortsauflösung im Untersuchungsvolumen und eine Lagerungsvorrichtung, auf der das Untersuchungsobjekt zumindest teilweise gelagert ist.

Bei den bekannten Kernspinresonanzgeräten kann die Hochfrequenz-Spule als stationäre Hochfrequenz-Spule (Bird-Cage, Ganzkörperantenne) oder als lokale Hochfrequenz-Spule (Kopfspule, Kniespule, Spine-Array-Spule) ausgebildet sein und gleichzeitig als Sendeantenne und als Empfangsantenne dienen. Darüber hinaus gibt es auch lokale Hochfrequenz-Spulen, die nur als Empfangsantenne dienen. Als Sendeantenne wird in diesem Fall die stationäre Hochfrequenz-Spule verwendet.

Bei Kernspinresonanzgeräten ist die Homogenität des vom Magneten der Magnetfelderzeugungseinrichtung erzeugten Grundmagnetfeldes ein entscheidender Faktor für die Abbildungsqualität. Bei der Bildgebung verursachen Feldinhomogenitäten im Bildbereich geometrische Bildverzerrungen, die den Feldabweichungen proportional sind. Besonders wichtig ist die Feldhomogenität beim Echoplanaerverfahren (Echoplanar Imaging, EPI-Verfahren).

Wie in der DE 42 18 902 C2 beschrieben, läßt sich ein Magnetfeld mit den Entwicklungskoeffizienten von sphärischen harmonischen Funktionen darstellen, wobei der Koeffizient  $A(0,0)$  das homogene Grundfeld charakterisiert und alle anderen Koeffizienten Homogenitätsabweichungen beschreiben.

Lineare Feldabweichungen, also Feldfehler erster Ordnung, das sind Feldfehler mit dem Koeffizienten  $A(1,0)$  können durch Shim-Spulen oder durch Gradientenspulen kompensiert werden. Die Gradientenspulen, das sind Spulen, die den Magnetfeldgradienten für die Ortsauflösung in X-, Y- und Z-Richtung innerhalb des im allgemeinen kugelförmigen Untersuchungsvolumens erzeugen, werden zur Kompensation der linearen Magnetfeldabweichung mit einem Offset-Strom, d. h. einem konstanten Strom, der einer Gradientenpulssequenz überlagert wird, beaufschlagt.

Bei höheren Anforderungen an die Feldhomogenität müssen nicht nur lineare Feldabweichungen, sondern auch Feldfehler höherer Ordnung kompensiert werden. Hierzu werden zusätzlich zu den Gradientenspulen spezielle Shim-Spulen vorgesehen, die mit einem geeigneten Strom zu beaufschlagen sind.

Neben der aktiven Shimmung durch elektrische Shim-Spulen ist auch die passive Shimmung des Magnetsystems möglich. Bei einer passiven Shimmung werden kleine Eisenplatten so im Magneten der Magnetfelderzeugungseinheit angebracht, daß inhomogene Bereiche und Verzerrungen des Magnetfeldes ausgeglichen werden.

Mit passiven Shims werden bei stationären Spulen, insbesondere bei Ganzkörper-Antennen, gute spektrale Sättigungen, auch bei subkutanen Fettgeweben, erreicht. Bei lokalen Spulen, wie z. B. Spine-Array-Spulen, ist die mit passiven Shims erzielbare spektrale Sättigung des subkutanen Fettgewebes jedoch unter Umständen nicht optimal. Dies ist immer dann der Fall, wenn die Magnetfeldfehler zweiter Ordnung, also Homogenitätsabweichungen, die durch den Koeffizienten  $A(2,0)$  beschrieben werden, durch den linearen MAP-Shim (Multi Axle/Angle Projection) nicht vollständig kompensiert werden können.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, bei einem Kernspinresonanzgerät der eingangs genannten Art die

Bildqualität durch eine höhere spektrale Sättigung des Fettgewebes zu verbessern.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den weiteren Ansprüchen beschrieben.

Das Kernspinresonanzgerät gemäß Anspruch 1 umfaßt eine Magnetfelderzeugungseinheit zur Erzeugung eines weitgehend homogenen und zeitlich konstanten Magnetfeldes in einem Untersuchungsvolumen, wenigstens eine Hochfrequenz-Spule, die als Sende- und/oder Empfangsantenne dient, drei Gradientenspulen zur Ortsauflösung im Untersuchungsvolumen und eine Lagerungsvorrichtung, auf der das Untersuchungsobjekt zumindest teilweise gelagert ist.

15 Das Kernspinresonanzgerät nach Anspruch 1 umfaßt erfindungsgemäß wenigstens eine zusätzliche Shim-Spule, die im Gehäuse einer der lokalen Hochfrequenz-Spulen integriert ist, und/oder wenigstens eine zusätzliche Shim-Spule, die als lokale Shim-Spule ausgebildet ist.

20 Bei dem erfindungsgemäßen Kernspinresonanzgerät wird, insbesondere bei Verwendung von lokalen Spulen und passiven Shims, durch folgende, alternativ oder gemeinsam anzuwendende Maßnahmen eine Verbesserung der lokalen Shimmung erreicht:

- 25 - Anordnung wenigstens einer zusätzlichen Shim-Spule, die im Gehäuse einer der lokalen Hochfrequenz-Spulen integriert ist,
- Anordnung wenigstens einer zusätzlichen Shim-Spule, die als lokale Shim-Spule ausgebildet ist.

Durch die damit erzielte verbesserte lokale Shimmung wird die spektrale Sättigung des Fettgewebes erhöht und damit die Bildqualität verbessert.

30 35 Bei dem Kernspinresonanzgerät gemäß Anspruch 1 ist es somit auch möglich, sowohl wenigstens eine zusätzliche Shim-Spule im Gehäuse einer der lokalen Hochfrequenz-Spulen zu integrieren als auch wenigstens eine zusätzliche lokale Shim-Spule anzurufen.

40 Im allgemeinen dürfte es ausreichend sein, daß die Geometrie der zusätzlichen Shim-Spule(n) auf die Erzeugung quadratischer Feld-Terme abgestimmt ist (Anspruch 4). Durch eine derartige Spulen-Geometrie werden die Magnetfeldabweichungen, die durch den Koeffizienten  $A(2,0)$  beschrieben werden, kompensiert. Durch die Verwendung von mehreren zusätzlichen Shim-Spulen ist es auch möglich, lineare Feldabweichungen und/oder Feldabweichungen höherer Ordnung zu kompensieren.

45 Die Erfindung sowie weitere vorteilhafte Ausgestaltungen, die Gegenstand der weiteren Ansprüche sind, werden im folgenden anhand von schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen in der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

50 Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Kernspinresonanzgerätes,

Fig. 2 einen Längsschnitt durch eine zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Kernspinresonanzgerätes,

Fig. 3 eine stirnseitige Teilansicht des Kernspinresonanzgerätes gemäß Fig. 1 mit abgenommener Shim-Spule,

Fig. 4 eine stirnseitige Teilansicht des Kernspinresonanzgerätes gemäß Fig. 1 mit aufgesetzter Shim-Spule.

In Fig. 1 ist mit 1 ein Magnet einer Magnetfelderzeugungseinheit bezeichnet. Von dem Magneten 1 wird ein weitgehend homogenes und zeitlich konstantes Magnetfeld in einem Untersuchungsvolumen eines Untersuchungsobjektes 2 (Patient) erzeugt.

Das in Fig. 1 dargestellte Kernspinresonanzgerät umfaßt weiterhin eine innerhalb des Magneten 1 angeordnete Hochfrequenz-Spule 3, die als Ganzkörperantenne ausgebildet

ist. Die Hochfrequenz-Spule 3 dient als Sendeantenne und als Empfangsantenne. Zwischen dem Magneten 1 und der Hochfrequenz-Spule 3 sind drei Gradientenspulen 4 angeordnet, die für die Ortsauflösung im Untersuchungsvolumen benötigt werden. Von den drei Gradientenspulen 4 ist aus Gründen der Übersichtlichkeit nur eine dargestellt.

Das Kernspinresonanzgerät gemäß Fig. 1 umfaßt weiterhin eine Lagerungsvorrichtung 5, die im wesentlichen aus einer Lagerungsplatte 51 und einem Lagerungstisch 52 besteht. Auf der Lagerungsplatte 51 ist der Patient 2 (nur in Fig. 2 dargestellt) gelagert.

Das in Fig. 1 gezeigte Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Kernspinresonanzgerätes umfaßt ferner eine zusätzliche Shim-Spule 6, die als lokale Shim-Spule ausgebildet ist.

Die lokale Shim-Spule 6 umfaßt ein aufsteckbares Spulenteil 61 sowie ein integriertes Spulenteil 62. Das integrierte Spulenteil 62 ist in der Lagerungsplatte 51 der Lagerungsvorrichtung 5 integriert.

Das aufsteckbare Spulenteil 61 wird über vier Stecker 63 bis 66 in Steckbuchsen, die sich auf der Lagerungsplatte 51 befinden und aus Übersichtlichkeitsgründen nicht eingezeichnet sind, eingesteckt (siehe Fig. 3). Dadurch wird das aufsteckbare Spulenteil 61 mit dem integrierten Spulenteil 62 elektrisch verbunden (siehe Fig. 4).

Im Rahmen der Erfahrung können auch mehrere integrierte Spulenteile in der Lagerungsplatte 51 oder unterhalb der Lagerungsplatte 51 vorgesehen sein. Die Spulenteile sind dann axial voneinander beabstandet. Abhängig von der benötigten oder gewünschten lokalen Shimmung kann dann das aufsteckbare Spulenteil 61 auf das entsprechende integrierte Spulenteil aufgesteckt werden.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel werden die Shim-Strome ebenfalls über die Stecker 63 bis 66 zugeführt. Die elektrische Zuleitung erfolgt auf bekannte und deshalb in Fig. 1 bis 4 nicht dargestellte Weise durch eine im Lagerungstisch 52 angeordnete Energiekette.

Bei der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Kernspinresonanzgerätes dient anstelle einer stationären Hochfrequenz-Spule 3 eine lokale Hochfrequenz-Spule 7 (Spine-Array-Spule) als Sende- und Empfangsantenne. Im Gehäuse der lokalen Hochfrequenz-Spule 7 ist ein aufsteckbares Spulenteil 81 einer zusätzlichen Shim-Spule 8 integriert. Die zusätzliche Shim-Spule 8 umfaßt neben dem aufsteckbaren Spulenteil 81 ebenfalls ein integriertes Spulenteil 82, das wiederum in der Lagerungsplatte 51 der Lagerungsvorrichtung 5 integriert ist.

Für das Aufstecken der lokalen Hochfrequenz-Spule 7 mit ihrer integrierten zusätzlichen Shim-Spule 8 gelten die Ausführungen zur Aufsteckbarkeit der in Fig. 1 dargestellten zusätzlichen Shim-Spule 6 analog.

Die in Fig. 1 gezeigte lokale Shim-Spule 6 kann auch gleichzeitig und in Kombination mit einer lokalen Hochfrequenzspule betrieben werden, falls die Integration einer Shim-Spule im Gehäuse der lokalen Hochfrequenzspule aus konstruktiven Gründen nicht möglich ist. Dabei werden die aufsteckbaren Spulenteile 61 der lokalen Shim-Spule 6 in Steckbuchsen auf der Lagerungsplatte 51 oder in Steckbuchsen an dem Gehäuse der lokalen Hochfrequenzspule eingesteckt.

#### Patentansprüche

1. Kernspinresonanzgerät, das folgende Merkmale umfaßt:

- Eine Magnetfelderzeugungseinheit (1) zur Erzeugung eines weitgehend homogenen und zeitlich konstanten Magnetfeldes in einem Untersu-

chungsvolumen,

- wenigstens eine Hochfrequenz-Spule (3, 7), die als Sende- und/oder Empfangsantenne dient,
- drei Gradientenspulen (4) zur Ortsauflösung im Untersuchungsvolumen und
- eine Lagerungsvorrichtung (5), auf der das Untersuchungsobjekt (2) zum mindest teilweise gelagert ist, sowie
- wenigstens eine zusätzliche Shim-Spule (8), die im Gehäuse einer der lokalen Hochfrequenz-Spulen (7) integriert ist, und/oder
- wenigstens eine zusätzliche Shim-Spule (6), die als lokale Shim-Spule ausgebildet ist.

2. Kernspinresonanzgerät nach Anspruch 1, mit folgendem Merkmal:

- Die zusätzliche Shim-Spule (6, 8) umfaßt wenigstens ein aufsteckbares Spulenteil (61, 81) sowie wenigstens ein integriertes Spulenteil (61, 81), das in der Lagerungsplatte (51) der Lagerungsvorrichtung (5) integriert oder unterhalb der Lagerungsplatte (51) angeordnet ist.

3. Kernspinresonanzgerät nach Anspruch 1, mit folgendem Merkmal:

- Die zusätzliche Shim-Spule (6, 8) umfaßt mehrere aufsteckbare Spulenteile (61, 81), die axial voneinander beabstandet sind.

4. Kernspinresonanzgerät nach Anspruch 1, mit folgendem Merkmal:

- Wenigstens eine der zusätzlichen Shim-Spulen (6, 8) dient zur Kompensation zum mindest der quadratischen Magnetfeldabweichung.

5. Kernspinresonanzgerät nach Anspruch 1, mit folgenden Merkmalen:

- Wenigstens eine der Gradientenspulen (4) dient zur Kompensation der linearen Magnetfeldabweichung und
- wenigstens eine der zusätzlichen Shim-Spulen (6, 8) dient zur Kompensation zum mindest der quadratischen Magnetfeldabweichung.

6. Kernspinresonanz-Gerät nach Anspruch 1 mit folgendem Merkmal:

- Wenigstens eine der zusätzlichen Shim-Spulen dient gleichzeitig zur Kompensation der linearen Magnetfeldabweichung und zur Kompensation der quadratischen Magnetfeldabweichung.

7. Kernspinresonanzgerät nach Anspruch 1 mit folgenden Merkmalen:

- Wenigstens eine der zusätzlichen Shim-Spulen dient zur Kompensation der linearen Magnetfeldabweichung und
- wenigstens eine der zusätzlichen Shim-Spulen (6, 8) dient zur Kompensation zum mindest der quadratischen Magnetfeldabweichung.

8. Kernspinresonanz-Gerät nach Anspruch 1 mit folgenden Merkmalen:

- wenigstens eine lokale Shim-Spule (6) ist gleichzeitig und in Kombination mit einer lokalen Hochfrequenzspule betreibbar, wobei
- das aufsteckbare Spulenteil (61) der lokalen Shim-Spule (6) in Steckbuchsen auf der Lagerungsplatte (51) oder in Steckbuchsen an dem Gehäuse der lokalen Hochfrequenzspule einsteckbar ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (USPTO)

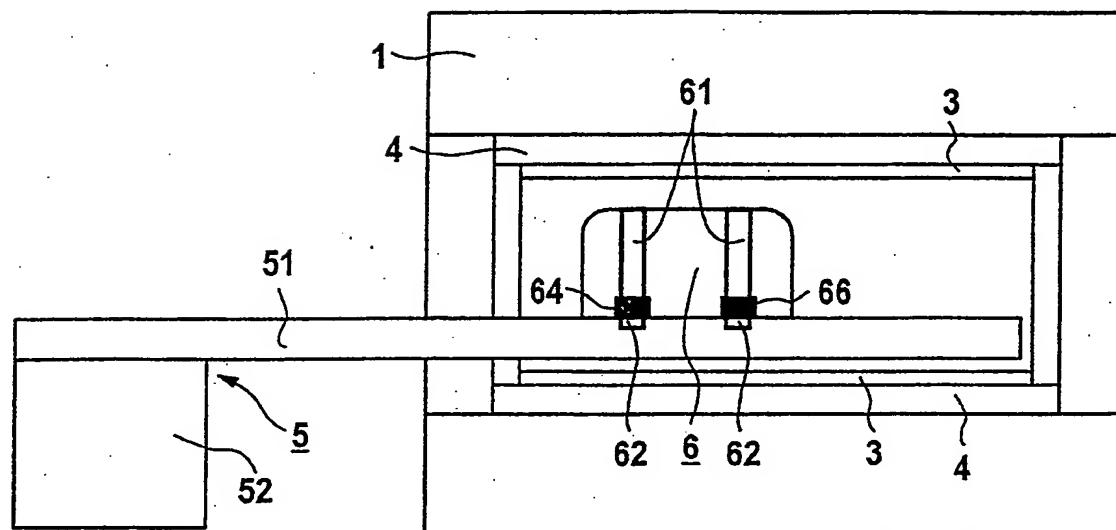


FIG 1

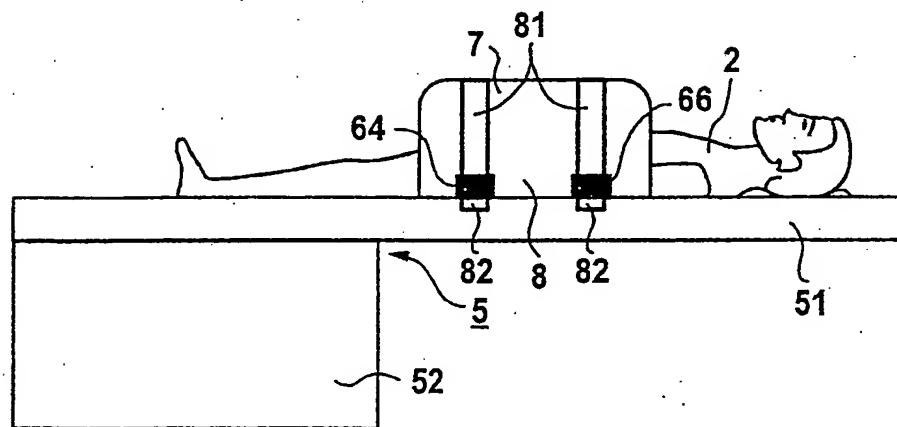


FIG 2

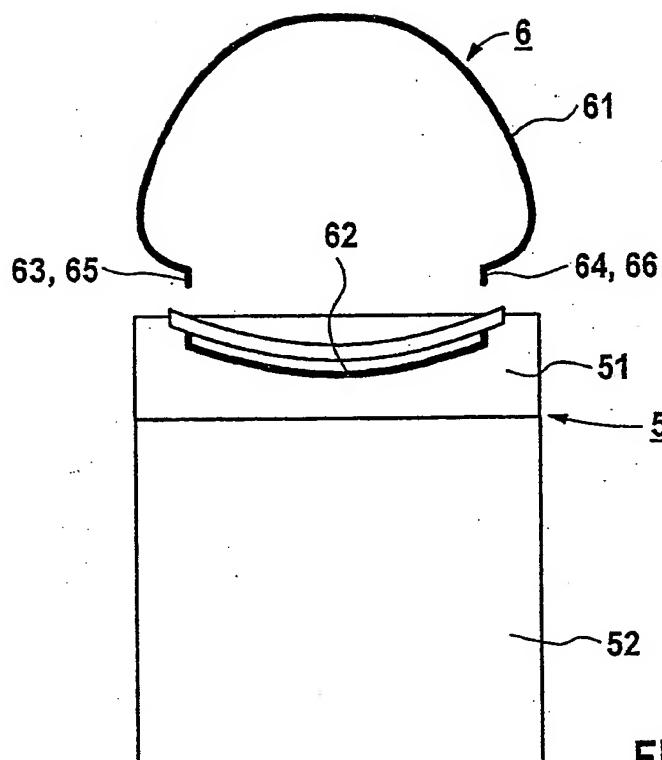


FIG 3

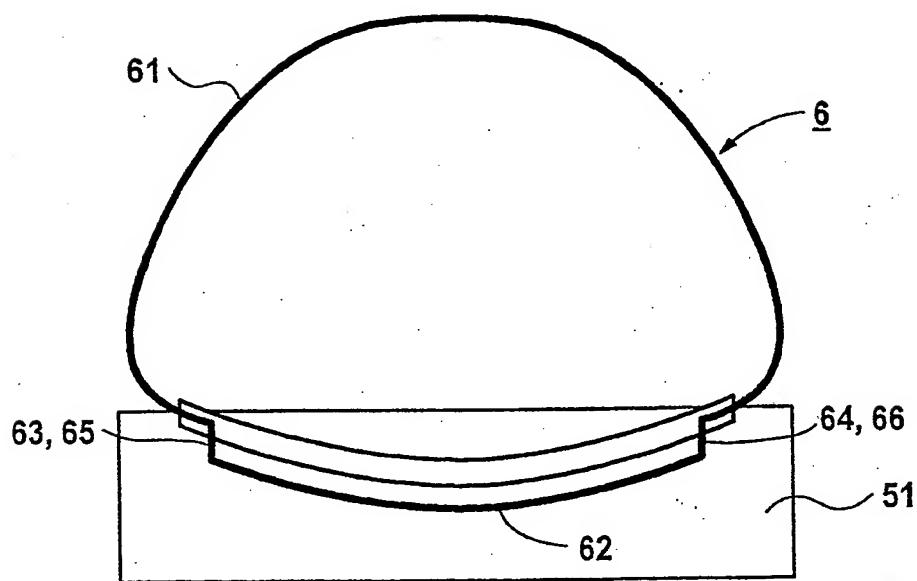


FIG 4

AN: PAT 1999-025797

TI: Nuclear magnetic resonance imaging device e.g. for diagnostic medical use has additional shim-coil integrated in one of HF coils and/or second shim-coil partially incorporated in patient table

PN: DE19741748-A1

PD: 03.12.1998

AB: The imaging device has a magnetic field generator (1) providing a homogenous constant magnetic field, at least one HF coil (3) acting as a transmission/reception antenna and 3 gradient coils (4). The device includes an additional shim-coil which is integrated in the housing of one of the local HF coils and/or a second shim-coil (6) acting as a local shim-coil, part of which is incorporated in the patient table (5); Uses shim-coils for compensation of magnetic field irregularities, provides homogeneous and time constant magnetic field.

PA: (SIEI ) SIEMENS AG;

IN: FONTIUS J U;

FA: DE19741748-A1 03.12.1998;

CO: DE;

IC: A61B-005/055; G01R-033/3875;

MC: S01-E02A2; S01-E02A8A; S03-E07A; S05-D02B1; V02-F01G;

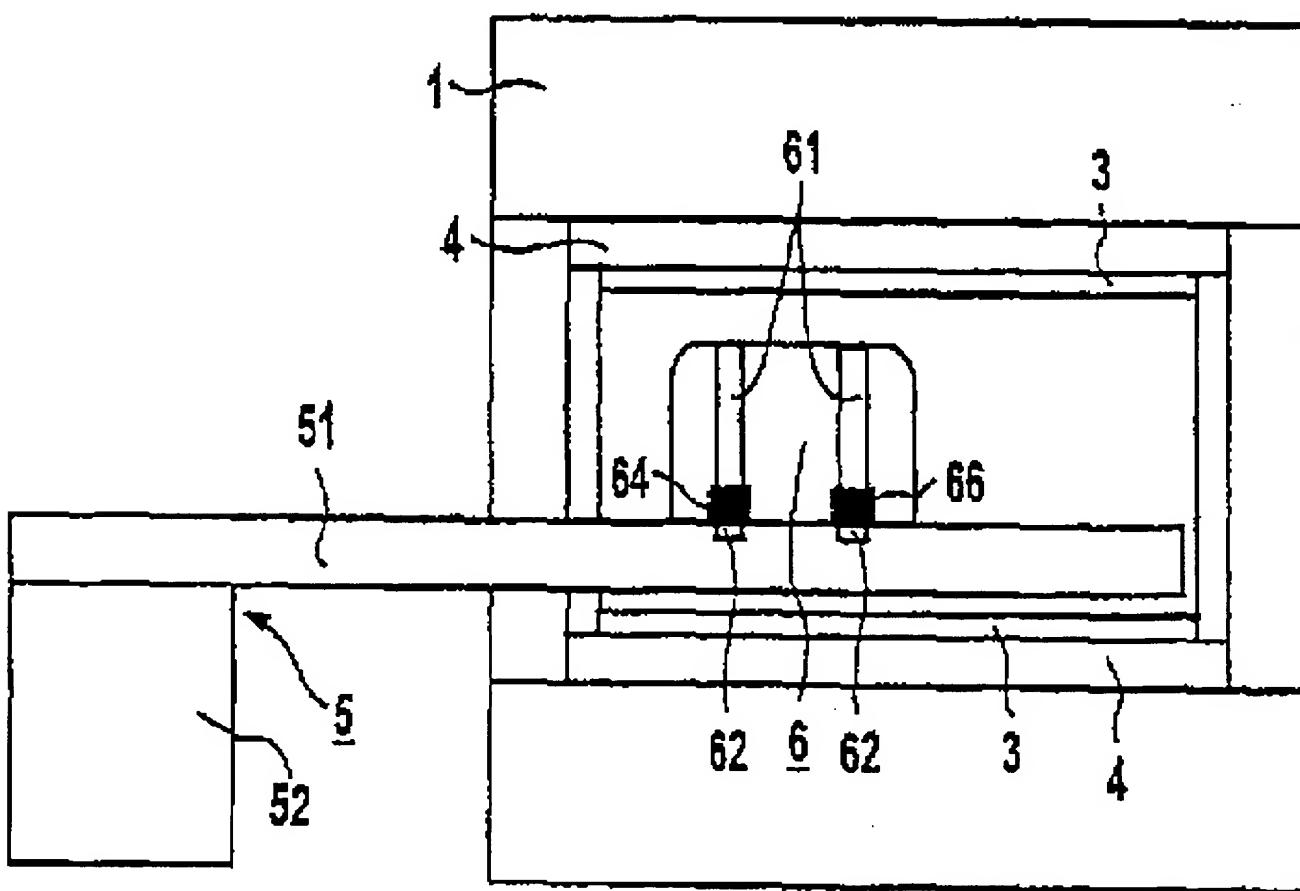
DC: P31; S01; S03; S05; V02;

FN: 1999025797.gif

PR: DE1041748 22.09.1997;

FP: 03.12.1998

UP: 11.01.1999



THIS PAGE BLANK (USPTO)